

長崎大学工学部 正員 小西保則

1. まえがき

製作費を考慮したI型梁の非合成桁の最適設計を行った結果については先に発表したが¹⁾、本研究では之を更に合成桁断面に適用し最適設計を行った結果について報告する。今回も目的関数には材料費及び原寸、加工、溶接仮組、工場塗装を含んだ凡ての工場製作費を考慮した。本研究においては、単純合成桁の1本の桁の最適断面とSLP法を用いてコンピューター設計を行った。

2. 合成I型桁の最適設計

(1)設計条件 設計条件は次の通りである。

1)型式 端荷重合成単純格子桁、2)活荷重 TL-20 3)支間 $20^m, 25^m, 30^m, 35^m, 40^m$ の5種 4)中員 7^m 5)床版 鉄筋コンクリート 20^{cm} 厚 6)舗装 アスファルト 5^{cm} 厚 7)適用示方書 道路橋示方書、昭和48年日本道路協会発行 又対象とした桁は断面変化の数は2以下主桁内の側桁である。

(2)設計変数 設計変数は材料 S_y, S_z 上フランジアレートの厚さ T_{u1}, T_{u2} 及び W_{u1}, W_{u2} 、下フランジアレートの厚さ T_{l1}, T_{l2} 及び W_{l1}, W_{l2} 、ウェブアレットの厚さ T_w 、及び高さ B_w 、支間より断面変化点までの距離 SLEQ の13でサックス1は支間中央サックス2は桁端断面を示す。

(3)制約条件式 制約条件式は応力制限、撓み制限、示方書による底版防止の板厚制限、コンクリート床版に引張を生じないための制限、鋼桁断面の下フランジ中と桁高の制限、即ち $B_u/B_w = 1/2 \sim 1/3$ 、断面寸法の上限值及び下限値制限等を用いた。又断面寸法の上下限値は *move limit* としても利用した。今圧縮側の許容応力は上フランジが床版で固定されているので引張側の許容応力と同じとする。架設時の応力については架設支枕で固定されているとする。そこで許容圧縮及び引張応力 σ_a とする。又 γ はウェブアレットの高さと厚さの比とし、

BETA と上フランジの突出脚と板厚の比とする。 $\rho_a, \gamma, BETA$ は共に S の関数で示方書より次式で示される。

$$\rho_a = 100 - 5^2 - 400S + 1400, \quad \gamma = S^2 - 31S + 260, \quad BETA = (-0.5S^2 + 3.5S + 7) \times 2 \quad \text{----- (1)}$$

(4)目的関数 目的関数は次式で示される。

$$Z = \sum p_j V_j \cdot C \cdot CM + \sum H_{ij} \cdot SMH + \sum \bar{H}_{ij} \cdot SMH$$

ここに p_j : 鋼材単価重量、 C : 鋼材単価係数、 CM : 鋼材の単価、 SMH : 1人1時間当りの作業単価、 H_{ij} : i 工程、 j 部材の作業人時間で設計変数の関数である。 $\bar{H}_{ij}$: i 工程、 j 部材の作業人時間で一定な値である。ここで C は T (板厚)、 S, B (板中) の関数と考へ文献(1)或(5)の内容を示す。又 H_{ij} は S, T, W (重量)、 A_r (表面積) などの関数と考へられる。 S による作業人時間の係数を HA とすると $H_{ij} = \bar{H}_{ij} \times HA(S)$ }----- (3)

但し $HA(S) = 0.04S^2 - 0.29S + 1.52$ となる。
又 $\bar{H}_{ij}$ は $S = 4$ の時の作業時間である。溶接継手の場合、突合溶接の作業人時間 H_{ij} 、隅肉溶接の作業人時間 $\bar{H}_{ij}$ は溶接延長の関数となるが 6^{mm} 隅肉の換算率で計算するものと T の関数と考へて次式で計算した。

$$\begin{aligned} H_{ij} &= H'_{ij}(L_1), \quad L_1 = \bar{L}_1 \times \bar{Q}_1(T), \quad \bar{Q}_1(T) = 1.2T^2 + 38T + 1.3 \\ \bar{H}_{ij} &= \bar{H}'_{ij}(L_2), \quad L_2 = \bar{L}_2 \times \bar{Q}_2(T), \quad \bar{Q}_2(T) = 0.0476T^2 + 0.1952T + 0.7572 \end{aligned} \quad \text{----- (4)}$$

但し $\bar{L}_1, \bar{L}_2$ は突溶接延長である。

(5)初期値の決定 今又は支間を桁高で割った値とする。之を仮定することにより桁高上下フランジアレット中及び厚さウェブアレット厚さが求まり、SLEQ 及び W は之に無関係に一一定値として与えられる。そこで電子計算機により初期値を計算することにより自動設計が可能である。

(6)計算結果 支間 30^m の場合について計算の結果を Table 1. に示す。表中 $SMH = 3.2$ については S の値を

4.5 と整数化して最適

Table 1. Comparison of optimum values for span length of 3000^{cm}

値を求めたもので $S_1=5$ か最適値を示している。

又 δ は実際境、 δ_a は許容境。 β は後述の係数である。

(7) 考察 1) SMH=32

の時は $S_1=5$ が最適で

SMH=24 の時は $S_1=4$

又は 5 共に Z 値はあまり

り変らない。その他の

SMH の値に対しては $S_1=S_2=4$ が最適となつた。 2) 腹板の高さ B_w

は次式で計算出来る。 $B_w = \beta \sqrt{\frac{M}{\sigma_{ul} T_w}}$ ----- (5)

ここに β は係数、 M は合計モーメント。 β は最適から計算すると

Table 2 の如くなる。 3) $\frac{SLE\bar{G}}{0.5L}$ は Table 3 に示す値となつた。

但し L は支間長である。 4) 桁高は SMH の値の変化によつてあまり

大きくは変動してないが SMH が大きくなるにつれて高くなる

なつてゐる。 SMH=32 の場合は材質 $S=5.0$ となつてゐる

ため桁高は低くなつてゐる。 又 L の SMH、 L の T_{u2}

$T_{u2}=1.0^{cm}$ 、 $B_{u2}=20^{cm}$ と最小断面になつてゐる。従つて

σ_{u2} は全応力になつてゐない。他の σ_{u1} 、 σ_{a1} 、 σ_{a2} は全応力

になつてゐる。 5) フランジ断面は中が広く板厚が薄い方が溶接脚長が小さく製作費が安くなつた。 6) 本研究

では 5 種類の支間について最適断面を求めたが合成前荷重と合成後荷重の比が同じ場合他の支間の最適断面を求め

るのには、 B_w は σ_{ul} 、 T_w を仮定して M と β を用いて (5) 式より求める。又継手位置は Table 3 より求め T_{u2} 、 B_{u2} を

除いて全応力で断面を計算する。又 $T_{u2}=1.0^{cm}$ 、 $B_{u2}=20.0^{cm}$ とすればよい。

3. おわりに

本研究では、材質を除いて求めた他の設計変数は非整数解である。元に対して技術的な法を用いて整数解を求め

る。 2) この方法で S の整数化しながら β の値は大きな変化は見られなかつた。概略設計の場合は求めた最適解

の小数部を見ても良いと考へる。

本研究について大阪大学工学部前田幸雄教授の御指導をいただいたことに謝辞を申し上げる。又本計算には、

九州大学 FACOM 230-60/5 を用いた。御援助いただいた計算機室の人に感謝する。

参考文献

1) 小西保則：製作費を考慮した I 型はりの最適設計について (第 3 報)、土木学会第 30 回年次学術講演会概要集、

第 1 部、PP631-632、昭和 50 年 10 月

2) 奥村敬恵、大久保頼二：Suboptimization による鋼連続桁の最適設計、土木学会論文報告集、第 215 号、

PP3-6、昭和 48 年 7 月

SMH (1000 yen)	S_1	S_2	T_{u1} (cm)	T_{u2} (cm)	T_{a1} (cm)	T_{a2} (cm)	T_w (cm)	B_{u1} (cm)	B_{u2} (cm)	B_{a1} (cm)	B_{a2} (cm)	B_w (cm)	SLEG (cm)
0.0	4.0	4.0	1.69	1.00	2.73	1.67	1.16	31.5	20.0	58.8	52.0	176.5	595.4
0.8	4.0	4.0	1.38	1.00	2.61	1.55	1.18	35.9	20.0	59.9	49.6	179.6	567.0
1.6	4.0	4.0	1.34	1.00	2.51	1.46	1.20	34.9	20.0	60.7	46.6	182.1	537.8
2.4	4.0	4.0	1.30	1.00	2.42	1.34	1.22	33.8	20.0	61.6	42.9	184.8	502.9
3.2	4.0	4.0	1.27	1.00	2.34	1.24	1.23	32.9	20.0	62.3	39.8	186.9	476.4
3.2	5.0	4.0	1.11	1.00	2.17	1.54	1.26	26.6	20.0	54.8	49.3	164.3	498.5

$S_2 = 4$ が最適となつた。 2) 腹板の高さ B_w

$$B_w = \beta \sqrt{\frac{M}{\sigma_a \cdot T_w}} \quad \text{----- (5)}$$

計算モーメント。 β は最適の計算値と

3) $\frac{SLEG}{0.5L}$ は Table 3 に示す値となつた。

Table 2. Values of coefficient β

SMH (1000 yen)	δ (cm)	δ_a (cm)	Z (1000 yen)	Weight (ton)	β	σ_{u1} (kg/cm ²)	σ_{a1} (kg/cm ²)	σ_{u2} (kg/cm ²)	σ_{a2} (kg/cm ²)	α	SLEG 0.5L	
0.0	1.51	4.50	269.7	4.55	1.01	1400	1400	1313	1400	1400	17.0	0.397
0.8	1.47	4.50	403.6	4.56	1.03	1400	1400	1241	1400	1400	16.7	0.378
1.6	1.45	4.50	517.3	4.57	1.06	1400	1400	1179	1400	1400	16.5	0.359
2.4	1.42	4.50	630.7	4.59	1.08	1400	1400	1111	1400	1400	16.2	0.335
3.2	1.40	4.50	744.0	4.61	1.10	1400	1400	1060	1400	1400	16.1	0.318
3.2	2.02	4.50	740.7	4.10	1.14	1900	1900	1239	1400	1400	18.3	0.332

Table 2. Values of coefficient β

SMH	2000 ^{cm}	2500 ^{cm}	3000 ^{cm}	3500 ^{cm}	4000 ^{cm}
0.0	0.98	0.97	1.01	1.05	1.07
0.8	0.98	0.99	1.03	1.05	1.07
1.6	0.98	1.03	1.06	1.05	1.08
2.4	0.98	1.07	1.11	1.07	1.09
3.2	0.98	1.10	1.14	1.16	1.18

Table 3. Values of SLEG/0.5L

SMH	2000 ^{cm}	2500 ^{cm}	3000 ^{cm}	3500 ^{cm}	4000 ^{cm}
0.0	0.345	0.380	0.397	0.410	0.368
0.8	0.320	0.360	0.378	0.391	0.369
1.6	0.302	0.334	0.359	0.378	0.380
2.4	0.304	0.331	0.353	0.366	0.381
3.2	0.310	0.312	0.332	0.353	0.324